

PENGUJIAN PENGARUH VARIASI PUTARAN MESIN TERHADAP PERFORMANSI SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA KENDARAAN PENUMPANG 1.500 cc

Suadi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email: suadi.engineer@gmail.com

Abstrak -- Kompresor yang merupakan komponen utama memiliki peranan penting dalam mensirkulasikan dan mengkompresikan aliran refrigeran di dalam sistem pengkondisian udara. Dalam pengoperasiannya, kompresor diputar dengan crankshaft pulley mesin melalui sabuk (drive belt). Semakin tinggi putaran mesin, maka semakin tinggi pula putaran kompresor, begitu juga sebaliknya. Dapat dikatakan bahwa perubahan putaran mesin akan mempengaruhi kerja kompresor, yang pada akhirnya akan mempengaruhi performansi sistem pengkondisian udara pada kendaraan. Pengujian dilakukan dengan variasi putaran mesin mulai dari 788 rpm sampai dengan 3.288 rpm. Data-data awal yang didapat berupa tekanan rendah (low pressure) pada selang masuk kompresor dan tekanan tinggi (high pressure) pada pipa keluar kondensor. Berdasarkan kedua tekanan tersebut dapat diketahui properti refrigeran R-134a dengan menggunakan program miniREFPROP. Dari hasil pengujian pengaruh variasi putaran mesin terhadap performansi sistem pengkondisian udara yang pada kendaraan, dapat disimpulkan bahwa seiring meningkatnya putaran mesin, menyebabkan daya yang diperlukan kompresor semakin meningkat. Energi panas yang dilepaskan refrigeran di kondensor dan energi panas yang diserap refrigeran di evaporator (kapasitas pendinginan) juga mengalami peningkatan, sedangkan koefisien prestasi mengalami penurunan. Pada putaran mesin 788 rpm, koefisien prestasi yang dihasilkan sebesar 2,91. Pada kenaikan putaran mesin berikutnya koefisien prestasi mengalami penurunan sampai pada putaran mesin 3.288 rpm, koefisien prestasi yang dihasilkan sebesar 1,16.

Kata kunci: putaran mesin, kompresor, refrigeran R-134a, performa

1. PENDAHULUAN

Definisi dari Air Conditioning (AC) adalah suatu proses pengkondisian udara dimana udara itu didinginkan, dikeringkan, dibersihkan dan disirkulasikan yang selanjutnya jumlah dan kualitas dari udara yang dikondisikan tersebut dikontrol. Pemakaian sistem AC pada kendaraan bertujuan untuk mempertahankan temperatur udara di kabin berada pada kondisi yang nyaman baik itu bagi pengemudi maupun penumpang.

Dalam melakukan fungsinya secara kontinyu mesin pengkondisian udara memerlukan sumber energi untuk menggerakkan kompresor agar dapat mengkompresikan aliran refrigeran yang berasal dari evaporator agar mencapai tingkat keadaan tertentu sehingga kemudian mampu melepaskan energi panasnya pada saat mengalami proses kondensasi di kondensor.

Pada kendaraan, kebutuhan energi untuk menggerakkan kompresor umumnya disuplai oleh mesin penggerak yang berupa motor bakar (mesin kendaraan). Kompresor yang merupakan komponen utama memiliki peranan penting dalam mensirkulasikan dan mengkompresikan aliran refrigeran di dalam sistem pengkondisian udara. Dalam pengoperasiannya, kompresor diputar dengan crankshaft pulley mesin melalui sabuk (drive belt). Semakin tinggi putaran mesin, maka semakin tinggi pula putaran kompresor, begitu juga sebaliknya. Dapat dikatakan bahwa perubahan putaran mesin akan mempengaruhi

kerja kompresor, yang pada akhirnya akan mempengaruhi performansi sistem pengkondisian udara pada kendaraan. Sementara itu, sistem pengkondisian udara sendiri harus stabil dalam berbagai variasi putaran mesin, baik itu saat putaran lambat, putaran rendah maupun putaran tinggi untuk menjaga agar kenyamanan dalam kabin kendaraan dapat terpenuhi.

Berdasarkan uraian di atas, dilakukan pengujian pengaruh variasi putaran mesin terhadap performansi sistem pengkondisian udara pada sebuah kendaraan penumpang 1.500 cc yang diproduksi tahun 2013. Parameter performansi sistem pengkondisian udara meliputi daya yang diperlukan kompresor, energi panas yang dilepaskan dari kondensor, energi panas yang diserap di evaporator (kapasitas pendinginan), serta koefisien prestasi (COP).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat Tambahan (Additional Instruments)

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Refrigerant recovery, recycle, vacuum and charger HR-371 Speed Cool
- Digital thermometer
- Engine analyzer

2.2 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

- 1) Kendaraan pada posisi berhenti dan kap mesin dibuka.
- 2) Pemasangan *cover set* pada kendaraan bertujuan untuk melindungi bagian kendaraan dari benda tajam atau bendabenda lainnya yang dapat menyebabkan kerusakan pada bagian *interior* maupun *exterior* kendaraan.
- 3) Pemasangan alat ukur pada kendaraan.
- 4) Pemeriksaan jumlah refrigeran yang ada di dalam sistem. Jumlah refrigeran dipastikan dalam keadaan sesuai spesifikasi, untuk itu dilakukan terlebih dahulu proses *recovery*, *recycling*, *vacuum* dan *charging refrigeran*.
- 5) Hidupkan mesin hingga mencapai temperatur kerja, operasikan sistem pengkondisian udara selama kurang lebih 10 menit sebelum pengujian dilakukan.
- 6) Pengaturan temperatur AC pada panel pengontrol diposisikan pada pendinginan maksimal.
- 7) Pengaturan kecepatan *blower motor* posisi kecepatan maksimal.
- 8) Distribusi aliran udara dalam kabin pada posisi arah muka (*ventilator mode*).
- 9) Sirkulasi udara dalam kabin pada posisi *recirculation mode*.
- 10) Jumlah orang di dalam kabin hanya 1 orang.
- 11) Pintu kendaraan dalam keadaan tertutup, sedangkan kaca mobil dan kap mesin dalam keadaan terbuka.
- 12) Jenis refrigeran yang digunakan pada sistem adalah R-134a.
- 13) Pembacaan data pada *thermometer* mengenai temperatur di luar kabin (*ambient temperature*).
- 14) Pembacaan data pada *Engine Analyzer* (CONSULT III+) mengenai putaran mesin (*engine speed*) yang tampil pada layar data monitor. Variasikan putaran mesin mulai dari 788 rpm sampai 3.288 rpm. Pastikan putaran mesin pada kondisi stasioner (tidak berubah-ubah).
- 15) Pembacaan data pada *pressure gauge* yang terdapat pada *recovery*, *recycling* and *recharging equipment*. Pembacaan data mengenai tekanan rendah (*low pressure*) pada selang masuk kompresor, dan tekanan tinggi (*high pressure*) pada pipa keluar kondensor yang terjadi pada berbagai variasi putaran mesin. Pastikan tekanan yang didapat pada kondisi stasioner (tidak berubah-ubah).

2.3 Metode Pengolahan Data

- Perhitungan daya yang diperlukan kompresor

$$\dot{W}_k = W_k \cdot m_{refr} \quad (\text{kW})$$

- Besarnya kerja yang diperlukan kompresor sebenarnya

$$W_k = \frac{W_{ks}}{\eta_{ps}} \quad (\text{kJ/kg})$$

- Besarnya kerja isentropik atau teoritis yang diperlukan kompresor

$$W_{ks} = h_{2s} - h_1 \quad (\text{kJ/kg})$$

- Besarnya energi panas yang dilepaskan refrigeran di kondensor

$$\dot{Q}_k = Q_k \cdot m_{refr} \quad (\text{kW})$$

$$Q_k = h_2 - h_3 \quad (\text{kJ/kg})$$

- Laju aliran massa refrigeran

$$m_{refr} = \frac{V}{v_1} \quad (\text{kg/s})$$

- Laju aliran volume refrigeran

$$V = V_1 \cdot n \cdot \eta_v \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

- Besarnya energi panas yang diserap refrigeran di evaporator (kapasitas pendinginan)

$$\dot{Q}_{refr} = m_{refr} \cdot (h_1 - h_4) \quad (\text{kW})$$

- Koefisien prestasi atau *coefficient of performance* (COP)

$$COP = \frac{\dot{Q}_{refr}}{\dot{W}_k}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengukuran Tekanan

Pengukuran tekanan pada sistem pengkondisian udara telah dilakukan di sebuah bengkel resmi kendaraan Nissan. Berikut ini merupakan tabel data yang didapat dari rata-rata hasil pengukuran yang telah dilakukan beberapa kali.

Tabel 3.1 Data hasil pengukuran tekanan

No.	Putaran Mesin (rpm)	Tekanan Rendah (Psi)	Tekanan Tinggi (Psi)	Temperatur Luar Kabin (°C)
1.	788	45	195	32,8
2.	1.088	38	210	32,8
3.	1.250	35	220	32,8
4.	1.550	30	225	32,8
5.	1.788	27	230	32,8
6.	2.110	24	235	32,8
7.	2.375	22	240	32,8
8.	2.675	20	245	32,8
9.	3.050	18	250	32,8
10.	3.288	17	254	32,8

Pada tabel 3.1 di atas terlihat bahwa seiring meningkatnya putaran mesin, yang berarti meningkat pula putaran kompresor menyebabkan perubahan pada kedua sisi tekanan. Tekanan rendah yang masuk ke kompresor mengalami penurunan, sedangkan tekanan tinggi yang keluar kondensor mengalami peningkatan. Perubahan kedua tekanan tersebut akan dianalisa dan dilakukan perhitungan untuk mengetahui

dampaknya terhadap performansi sistem pengkondisian udara yang ada pada kendaraan.

3.2 Ringkasan Perhitungan Performansi pada Variasi Putaran Mesin

Berikut ini merupakan tabel ringkasan dari hasil perhitungan performansi pada berbagai variasi putaran mesin.

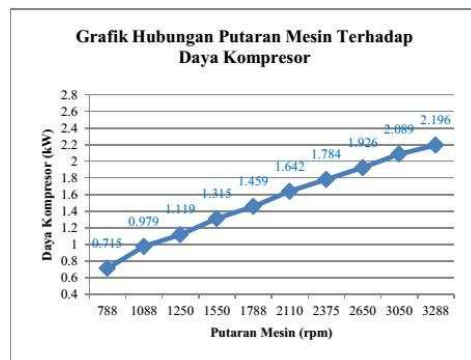
Tabel 3.2 Ringkasan perhitungan performansi pada variasi putaran mesin 788 rpm - 1.788 rpm

-	Putaran Mesin (rpm)				
	788	1.088	1.250	1.550	1.788
Daya Kompresor (\dot{W}_k), kW	0,715	0,979	1,119	1,315	1,459
Panas Kondensasi (\dot{Q}_k), kW	2,795	3,277	3,471	3,745	3,925
Kapasitas Pendinginan (\dot{Q}_{refr}), kW	2,08	2,298	2,351	2,43	2,465
Koefisien Prestasi (COP), -	2,91	2,35	2,1	1,85	1,69

Tabel 3.3 Ringkasan perhitungan performansi pada variasi putaran mesin 2.110 rpm - 3.288 rpm

-	Putaran Mesin (rpm)				
	2.110	2.375	2.675	3.050	3.288
Daya Kompresor (\dot{W}_k), kW	1,642	1,784	1,926	2,089	2,196
Panas Kondensasi (\dot{Q}_k), kW	4,167	4,333	4,477	4,645	4,754
Kapasitas Pendinginan (\dot{Q}_{refr}), kW	2,525	2,549	2,55	2,555	2,558
Koefisien Prestasi (COP), -	1,54	1,43	1,32	1,22	1,16

3.3 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Daya Kompresor

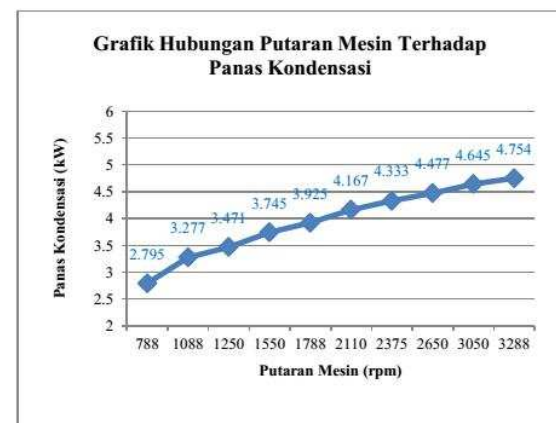


Gambar 3.1 Grafik hubungan putaran mesin terhadap daya kompresor

Pada Gambar 3.1, terlihat bahwa dengan meningkatnya putaran mesin, yang berarti meningkat pula putaran kompresor menyebabkan daya yang diperlukan kompresor semakin meningkat. Pada putaran mesin 788 rpm, daya yang diperlukan kompresor sebesar 0,715 kW. Pada kenaikan putaran mesin berikutnya, daya yang diperlukan kompresor terus meningkat signifikan sampai pada putaran mesin 3.288 rpm, daya yang diperlukan kompresor sebesar 2,196 kW. Jika dipersentasekan, daya yang diperlukan kompresor mulai dari putaran mesin 788 rpm hingga 3.288 rpm, mengalami peningkatan yang sangat signifikan yaitu sekitar 207%.

3.4 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Energi Panas yang Dilepaskan dari Kondensor

Berdasarkan data yang ada pada Tabel 3.2 dan tabel 3.3, maka hubungan putaran mesin terhadap laju pelepasan energi panas dari refrigeran selama berlangsungnya proses kondensasi di dalam kondensor (panas kondensasi) dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 3.2 Grafik hubungan putaran mesin terhadap panas kondensasi

Pada Gambar 3.2, terlihat bahwa dengan meningkatnya putaran mesin, maka laju pelepasan energi panas dari refrigeran di dalam kondensor semakin meningkat. Pada putaran mesin 788 rpm, energi panas yang dilepaskan oleh aliran refrigeran selama berlangsungnya proses kondensasi di dalam kondensor sebesar 2,795 kW. Pada kenaikan putaran mesin berikutnya energi panas yang dilepaskan oleh aliran refrigeran terus meningkat secara perlahan-lahan sampai pada putaran mesin 3.288 rpm, energi panas yang dilepaskan oleh aliran refrigeran sebesar 4,754 kW. Jika dipersentasekan, besarnya energi panas yang dilepaskan oleh aliran refrigeran di dalam kondensor mulai dari putaran mesin 788 rpm

hingga 3.288 rpm, mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu sekitar 70%.

3.5 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Energi Panas yang Diserap di Evaporator

Berdasarkan data yang ada pada tabel 3.2 dan tabel 3.3, maka hubungan putaran mesin terhadap energi panas yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator (kapasitas pendinginan) dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 3.3 Grafik hubungan putaran mesin terhadap kapasitas pendinginan

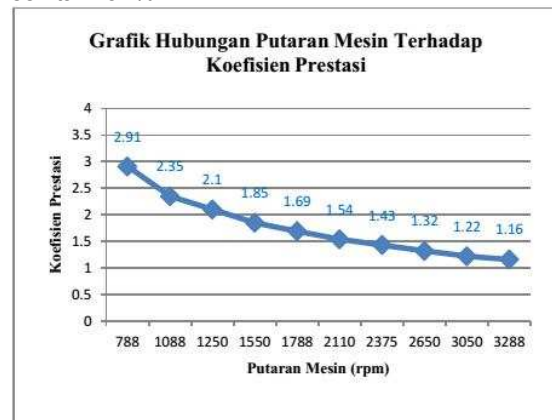
Pada Gambar 3.3, terlihat bahwa dengan meningkatnya putaran mesin, maka energi panas yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator semakin meningkat. Pada putaran mesin 788 rpm, energi panas yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator sebesar 2,08 kW. Pada kenaikan putaran mesin berikutnya energi panas yang diserap oleh refrigeran meningkat secara perlahan-lahan sampai pada putaran mesin 3.288 rpm, energi panas yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator sebesar 2,558 kW. Jika dipersentasekan, besarnya energi panas yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator (kapasitas pendinginan) mulai dari putaran mesin 788 rpm hingga 3.288 rpm, mengalami peningkatan yang tidak begitu signifikan yaitu hanya sekitar 23%.

3.6 Pengaruh Putaran Mesin Terhadap Koefisien Prestasi

Berdasarkan data yang ada pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3, maka hubungan putaran mesin terhadap koefisien prestasi (*coefficient of performance*) sistem pengkondisian udara dapat dilihat pada grafik berikut ini.

Pada Gambar 3.4, terlihat bahwa semakin tinggi putaran mesin, maka koefisien prestasi yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena daya yang diperlukan kompresor meningkat sangat signifikan, sedangkan energi panas yang diserap oleh

refrigeran di dalam evaporator (kapasitas pendinginan) mengalami peningkatan yang tidak begitu signifikan. Pada putaran mesin 788 rpm, koefisien prestasi yang didapat sebesar 2,91. Pada kenaikan putaran mesin berikutnya koefisien prestasi mengalami penurunan sampai pada putaran mesin 3.288 rpm, koefisien prestasi yang dihasilkan sebesar 1,16. Jika dipersentasekan, besarnya koefisien prestasi mulai dari putaran mesin 788 rpm hingga 3.288 rpm, mengalami penurunan cukup signifikan yaitu sekitar 151%.



Gambar 3.4 Grafik hubungan putaran mesin terhadap koefisien prestasi

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian pengaruh variasi putaran mesin terhadap performansi sistem pengkondisian udara yang pada kendaraan, dapat disimpulkan bahwa seiring meningkatnya putaran mesin, yang berarti meningkat pula putaran kompresor menyebabkan daya yang diperlukan kompresor semakin meningkat. Energi panas yang dilepaskan refrigeran di kondensor dan energi panas yang diserap refrigeran di evaporator (kapasitas pendinginan) juga mengalami peningkatan, sedangkan koefisien prestasi mengalami penurunan. Berdasarkan hasil perhitungan koefisien prestasi yang didapat, menggambarkan bahwa karakteristik kinerja sistem pengkondisian udara kendaraan masih dalam keadaan yang baik pada variasi putaran mesin 788 rpm sampai 3.288 rpm tersebut, karena koefisien prestasi yang dihasilkan berada di atas 1 yaitu pada kisaran 2,91 dan terus menurun sampai 1,16. Namun demikian, semakin rendah putaran mesin maka koefisien prestasi yang dihasilkan semakin tinggi yang berarti pula kinerja sistem pengkondisian udara kendaraan semakin baik. Begitu juga sebaliknya, semakin tinggi putaran mesin maka koefisien prestasi yang dihasilkan semakin kecil yang berarti pula kinerja sistem pengkondisian udara kendaraan semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arismunandar, W., & Saito, H. 2005. Penyegaran Udara. Edisi ketujuh. Pradnya Paramita. Jakarta.
- [2]. Anonim. (n.d). Air Conditioning Ana Heating. Retrieved Jan, 22, 2016 from Rowleystires & Automotive Service, inc., website: <http://www.rowleystires.com/index.php/airconditioning>.
- [3]. Anonim. 2010. Buku Panduan Training NSTEP 2 Electrical. Nissan Motor Indonesia. Jakarta.
- [4]. Djojodihardjo, Harijono. 1985. DasarDasar Termodinamika Teknik. Gramedia. Jakarta.
- [5]. Hansen, E., & Aartun, I. 1999. R-134 Pressure-Enthalpy Diagram. Retrieved Jan, 17, 2016 from Norwegian University of Science Ana Technology website: http://www.nt.ntnu.no/users/skoge/book-cep/diagrams/additional_diagrams/R134a%col_common_refridgrant_without_CI.pdf.
- [6]. Moran, Michael J., & Shapiro, Howard N. 2004. Termodinamika Teknik. Jilid II. Edisi keempat. Diterjemahkan oleh: Yulianto Sulisty N., & Adi Surjosatyo. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [7]. Anonim. 2013. Nissan Model L11 Series Service Manual. Nissan Motor Corp., Ltd. Kanagawa.
- [8]. Saptana, E. 2013. Analisa Pengaruh Beban Mesin Terhadap Pengkondisian Udara Pada Kendaraan Honda Freed 1500cc Tahun 2010. Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- [9]. Anonim. 1996. Service Manual Air Conditioner (Teori Dasar). Zexel Training Center Indonesia. Purwakarta.
- [10]. Soekardi, Chandrasa. 2015. Termodinamika Dasar Mesin Konversi Energi. Andi. Yogyakarta.
- [11]. Stoecker, Wilbert F., & Jones, Jerold W. 1982. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Edisi kedua. Diterjemahkan oleh: Supratman Hara. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [12]. Suarnadwipa, & Astawa. 2010. Pengaruh Variasi Putaran Kompresor Terhadap Performansi Sistem Mobile Air Conditioning. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM). 13- 15 Oktober 2010, Palembang, Indonesia. Hal. 1 -4.